1903

Ueber den Einfluss der Kohlensäure auf die Magenverdauung.

Stanford University Library NOV 10 1903

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

hohen medizinischen Fakultät

der

k. b. Friedrich-Alexanders Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Ferdinand Weidert
approb. Arzt
aus
Hanau.

Tag der mündlichen Prüfung: 31. März 1903.

Erlangen.
K. b. Hofbuchdruckerei von Hans Vollrath.
1903.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät.

Referent: Herr Prof. Dr. Penzoldt.

Seinem lieben Vater

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153716_0075

Die vorliegende Arbeit erscheint als Fortsetzung der experimentellen Untersuchungen, die seit einer Reihe von Jahren auf Veranlassung Professor Penzoldts in Erlangen über den Ablauf der Magenverdauung unter verschiedenen chemischen, sowie physikalischen Einflüssen angestellt worden sind. Das praktische Ziel, worauf alle diese Bestrebungen gerichtet waren, ist das, arzneiliche oder einfache diätetische Hülfsmittel zur Besserung gestörter Magentätigkeit aufzufinden. Dass dasselbe ein erstrebenswertes ist, liegt auf der Hand, wenn man die Nachteile der gegenwärtig üblichen diätetischen, mechanischen und Trinkkur-Behandlung der Magenkrankheiten erwägt; dass dieselben nämlich vielfach zu schwierig durchführbar, zu lästig und schliesslich auch zu kostspielig sind, um allen Magenleidenden in gleicher Weise zu gute kommen zu können. Daher ist schon vielfach die Wirkung zahlreicher Substanzen auf die Magenverdauung in gesundem und krankem Zustande Gegenstand der Untersuchung gewesen. Die allgemein beliebte Anwendung der Trinkkuren bei chronischen Magenaffektionen mittels alkalischer, muriatischer und salinischer Mineralwässer, die sämtlich neben den Salzen eine grössere oder geringere Menge gelöste oder freie Kohlensäure enthalten, legte den Gedanken nahe, den Einfluss der Kohlensäure allein zum Gegenstand des Studiums zu machen, denn die wohltätige Wirkung dieser Brunnenkuren liess sich direkt nicht auf Kosten des Salzgehaltes oder aber der Kohlensäure beziehen, denn beides kann an einem Erfolge beteiligt sein.

Deshalb können für die Beurteilung des Einflusses der Kohlensäure nur solche Arbeiten in Betracht kommen, die alle anderen Faktoren eliminiert haben und lediglich mit der Kohlensäure allein operieren. So sah sich Quincke veranlasst, die Wirkung kohlensäurehaltiger Getränke eingehend zu studieren und dabei die unsicheren und sich widersprechenden Angaben älterer Autoren kritisch zu prüfen. Im wesentlichen war die Wirkung der Kohlensäure in Getränken folgendermassen beschrieben: „Abgesehen von ihren Wirkungen auf die Mundhöhle erregen dieselben zunächst im Magen Gefühl von Wärme und Spannung; die sensiblen Magennerven sollen beruhigt, die Peristaltik des Magens und Darms angeregt werden. Auch Beförderung des Appetits und der Verdauung (Nothnagel, Arzneimittellehre, S. 401), Anregung der Secretion des Magens (Braun: Balneotherapie S. 356) werden behauptet, während Valentiner (Handbuch der Balneotherapie 1873 S. 26, 92, 212) diese letztere als durchaus fraglich hinstellt.“ [1]) Des weiteren führt Quincke noch die herrschenden Anschauungen über den Einfluss der Kohlensäure auf Respiration, Puls und Harnsecretion an, deren Anführung hier als nicht in den Rahmen der Arbeit gehörig, entfallen dürfte. Er untersuchte demgemäss auch zunächst die behauptete Wirkung auf die Nierentätigkeit. Die vermehrte Harnsecretion glaubte er auf eine durch die Kohlensäure bedingte schnellere Resorption vom Magen aus zurückführen zu dürfen, gestützt auf die Beobachtung an einem Magenfistelhunde, bei welchem eingeführte Kohlensäure (in Gasform) Rötung der Schleimhaut bewirkte, und diese Hyperämie sei sicherlich resorptionsbegünstigend aufzufassen.

Im Jahre 1883 fand Jaworski bei einer Arbeit über „Relative Resorption der Mittelsalze im menschlichen

[1]) Quincke: Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmak. VII. S. 112.

Magen“ [1]) dass die Lösungen, welche mit freier Kohlensäure gesättigt sind, den Magen in viel kürzerer Zeit verlassen, als diejenigen, welche keine solche enthalten. Besonders liess sich dies bemerken an kohlensauren Salzen, welche als einfache Carbonate im Magen kaum resorbierbar sind, während sie als doppeltkohlensaure Salze bei Gegenwart von freier Kohlensäure zu den am schnellsten resorbierbaren Salzen gehören. In einer späteren experimentellen Arbeit „Ueber das Verhalten der Kohlensäure, des Sauerstoffs und des Ozons im menschlichen Magen“ [2]) untersucht derselbe Verfasser Quantität und Qualität des Magensaftes vor und nach der Einführung des Gases. Er findet in seinem ersten Versuch, dass die Kohlensäure die Magensecretion angeregt hat; im zweiten und dritten Versuch, dass der Magensaft nach Einführung der Kohlensäure viermal saurer geworden ist, kein Eiweiss enthält, sondern Pepton in Lösung, indem er das gelöste Eiweiss vollständig in Pepton verwandelt, sowie (nach Prüfung mit Barytwasser, wobei keine Trübung eintrat), dass die Acidität des Magensaftes nicht von der eingeführten Kohlensäure, sondern wahrscheinlich von Salzsäure herrührt. Nebenbei bemerkt, erwies sich auch der unter dem Einfluss der Kohlensäure erhaltene saure Magensaft in hohem Grade fäulniswidrig. Endlich brachte die Kohlensäure noch subjektive Nachwirkungen, wie Wohlbehagen und Anregung des Appetits hervor.

Im Jahre 1887 veröffentlichte Jaworski weitere Ergebnisse seiner Studien „über die Wirkung der Säuren auf die Magenfunktion des Menschen sowie ihre therapeutische Anwendung“ [3]) und fand dabei seine vorherigen Resultate bestätigt. Seine Versuche ergaben,

[1]) Jaworski: Zeitschr. f. Biol. XIX. S. 422.
[2]) Jaworski: Zeitschr. f. Biol. XX. S. 234.
[3]) Jaworski: Deut. med. Wochenschr. 1887. S. 836.

dass die Kohlensäure sowohl als Gas, als auch in Wasser aufgelöst, die Salzsäuresecretion und demzufolge auch die Pepsinausscheidung anregt, somit die Verdauungsfähigkeit des Magensaftes befördert. Aus anderen Erfahrungen über Herbeiführung relativ früherer Stuhlentleerungen bei Einführung von Salzen in kohlensäurehaltiger Lösung glaubt Verfasser auch auf eine verstärkte mechanische Tätigkeit des Magens unter Einwirkung der Kohlensäure schliessen zu dürfen.

Eine Erhöhung der Acidität fand auch 1896 A. Lockhart Gillespie [1]) bei Einführung von kohlensaurem Wasser bei einer Magenfistel, sowie wenn er Gesunden nach der Mahlzeit kohlensaures Wasser verabfolgte, während bei Darreichung vor oder mit der Mahlzeit der Säuregehalt im allgemeinen und die Salzsäure vermindert wurde.

Den Autoren der Handbücher der Magenkrankheiten sind aber diese Angaben zur Verwertung anscheinend nicht genügend. So schreibt z. B. Riegel: „Welche Bedeutung der freien Kohlensäure hierbei zukommt, ist noch nicht sicher gestellt. Die bis jetzt spärlichen Experimentaluntersuchungen über die Wirkung der Kohlensäure auf die Magen- und Darmfunktionen haben keine einheitlichen und entscheidenden Resultate ergeben.“ [2])

Auch die auf Prof. Penzoldts Veranlassung von seinen Schülern gelegentlich angestellten Versuche sind zu einer völligen Entscheidung unzureichend gewesen. So bekam Krieger [3]) in seinen Versuchen über die Aufenthaltsdauer von Flüssigkeiten im Magen Resultate,

---

[1]) Lockhart Gillespie: Edingbourgh. Hosp. Rep. 1896. Vol. 4. (Ref Arch. f. Verdauungskrankh. II. S. 102.

[2]) Riegel in Nothnagels Pathol. Bd. XVI. S. 286.

[3]) Krieger: Ueber die Aufenthaltsdauer und das Verhalten von Flüssigkeiten im Magen. Erlanger Dissertation 1897.

die annehmen liessen, dass künstliche kohlensaure Wässer rascher resorbiert würden als reines Wasser oder Selterswasser. Doch hatte Krieger vielleicht eine Fehlerquelle in dem Farbzusatze seiner Flüssigkeiten. Er hatte nämlich teilweise die Flüssigkeiten mit 0,2%iger Congorotlösung gefärbt, um daran zu sehen, ob die exprimierte Flüssigkeit wirklich auch der eingeführten entsprach, und dann, weil eingetretene Blaufärbung sofort erkennen liess, ob freie Säure im Magen vorhanden war. Nun beleuchtet er selbst seine Resultate bezüglich der kohlensauren Wässer kritisch in folgender Weise: „Einen sehr erheblichen Einfluss scheint auf den ersten Blick die Congorotlösung auf die Aufenthaltsdauer auszuüben, denn der Zeitunterschied zwischen gefärbten und ungefärbten kohlensauren Wässern beträgt 30 bis 90 Minuten. Fasst man jedoch die Versuche mit gefärbten Flüssigkeiten genauer ins Auge, so waren es gewöhnlich blau gefärbte Schleimflöckchen, welche noch lange im Magen verweilten, wenn die Flüssigkeit nicht mehr nachweisbar war.“

Zu definitiven Schlüssen lässt sich also hierdurch keineswegs kommen, es resultiert nur die Warnung, alle etwa möglichen Fehlerquellen bei neuen Experimenten sorgfältigst zu vermeiden.

Es schien bei dem oben erörterten Mangel an einwandsfreiem Material nunmehr wünschenswert, eine ausführliche, eigens auf die Wirkung der Kohlensäure gerichtete Untersuchung anzustellen, mit deren Ausführung Herr Prof. Penzoldt mich beauftragte. Die Aufgaben, die mir dabei gestellt wurden, waren einesteils, den Einfluss der Kohlensäure auf die Aufenthaltsdauer bestimmter Speisen zu ermitteln, andernteils die Wirkung auf den Säuregehalt des Magens festzustellen. Die Versuche habe ich sämtlich an mir selbst angestellt.

Vorher wurde die normale Beschaffenheit meines Magens konstatiert.

Mein Magen ist vollständig gesund. Beschwerden habe ich nie gehabt. Die Prüfung der verschiedenen Magenfunktionen ergab durchweg normale Verhältnisse, sodass allen Anforderungen, die man zur Erreichung brauchbarer Resultate an einen Verdauungsorganismus stellen muss, entsprochen sein dürfte.

Morgens, circa 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme, war mein Magen vollständig leer: Expressionen, früh nüchtern, förderten keine Speisereste zu Tage, daran anschliessende Ausspülungen ergaben höchstens etwas verschluckten Schleim von neutraler Reaktion.

Die Prüfung der Secretionsfähigkeit mittels des Probefrühstücks (einer Tasse Thee und einer Semmel) ergab ebenfalls normale Verhältnisse. Der Inhalt zeigte nach 1 Stunde exprimiert folgende Reaktionen:

Lackmus: rot
Congorot: schwarz
Salzsäure: deutlich
Eiweiss: deutlich
Pepton: deutlich
Zucker: stark

Die Motilität meines Magens war vorzüglich. Ich will bezüglich der Verdauungszeit einige Zahlen zum Vergleich vorausschicken. Bei Schmidt verliessen 250 gr Fleisch den Magen in 3 Stunden 45 Min., bei Schiele dieselbe Menge in 4 Stunden 45 Min., bei Eichenberg in 4 Stunden 15 Min., bei Langguth in 4 Stunden 5 Min. Bei mir war die Verdauung der Probemahlzeit — 250 gr Fleisch — schon nach 3 Stunden 30 Min. beendigt. Diese relativ kurze Verdauungszeit beschleunigte sich noch um $^1/_2$ Stunden im Verlauf der Versuchszeit, was wohl auf die günstige

Wirkung der Magenausspülungen zurückzuführen ist. Eine derartige Beschleunigung ist von Anderen in ähnlicher Weise beobachtet worden. Schiele hatte eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer von 5 Stunden 20 Min. auf 4 Stunden 45 Min., Schwaneberger von 4 Stdn. 30 Min. auf 4 Stunden.

Mein Appetit war während der ganzen Versuchszeit ausgezeichnet. An Körpergewicht nahm ich während der 4 Monate um beinahe 5 Pfund zu. Giggelberger fand bei sich eine Zunahme von 4 Pfund in 10 Wochen, Schwaneberger [1]) eine solche von 1 Pfund in 2 Monaten.

Meine Lebensweise war während der ganzen Arbeitszeit gleichmässig geregelt, eine besondere Diät wurde nicht eingehalten. Die Beobachtung Schmidts, dass es bei der Magenverdauung nicht auf das Wohlbehagen, mit dem die Speisen genommen werden, ankommt, sondern nur auf die Verdaulichkeit derselben, habe ich gelegentlich auch gemacht. Vor Beginn der eigentlichen Versuche wurde eine Anzahl Probeversuche angestellt, die vor allem das Erlernen des Sondierens zum Zweck hatten. Ich bediente mich der Jacques'schen Sonde, eines weichen Gummischlauches, der an dem unteren Ende verschlossen ist und ein wenig oberhalb der Kuppe zwei seitliche, ovale Fenster trägt. Nach 5—6 Uebungstagen konnten die erforderlichen Proben ohne Material- und Zeitverlust und ohne Zuhülfenahme eines Mandrins bequem dem Magen entnommen werden. Bewährt hat sich eine Einpinselung der im Anfang etwas empfindlichen

---

[1]) Dissertationes Erlangenses: Schmidt 1893
Schwaneberger 1890
Schiele 1891
Langguth 1894
Giggelberger 1887
Eichenberg 1889

Rachenschleimhaut mit 10 %iger Cocainlösung, doch war dieselbe nur bei den allerersten Versuchen nötig.

Das Sondieren ist an und für sich eine ungefährliche Prozedur, und bei ruhigem Vorgehen sind Verletzungen so gut wie ausgeschlossen. Hin und wieder kommen aber doch Läsionen der Magenwand vor, und in der Literatur sind einige Fälle von Loslösungen kleinerer Stückchen Magenwand ausführlich beschrieben. Die Prognose solcher Verletzungen ist gut und in allen den verzeichneten Fällen trat Heilung mit vollständig ungestörter Funktion ein. Auch ich kann einen kleinen Beitrag zu dieser Literatur liefern. In einem der ersten Probeversuche passierte es mir, dass ich die Sonde herauszog, während eben noch eine starke Contraction des Magens erfolgte. Ein Teil des Magens wurde, wie ich deutlich spürte, in die Sondenöffnung hineingezerrt Es entstand eine — wenn auch nicht hochgradige — Blutung, und in der Expressionsmasse fand sich ein circa erbsengrosses Partikelchen, das sich mikroskopisch als Magenwand erwies. Die Versuche wurden daraufhin einige Tage ausgesetzt. Beschwerden und Schmerzen hatte ich gar nicht, Blutung trat keine mehr auf. Die Leistungsfähigkeit blieb normal.

Das Einbringen der Kohlensäure in den Magen geschah durch Trinken von künstlichem kohlensaurem Wasser. Dasselbe wurde einer chemischen Untersuchung unterzogen, die Folgendes ergab:

1. FESTE BESTANDTEILE: Im Durchschnitt 0,164 %. Zur Bestimmung derselben wurden 10 ccm des Wassers in vorher abgewogener Schale auf dem Wasserbad verdampft, der Rückstand in der Schale in einem Schwefelsäureexsiccator getrocknet und dann gewogen.

2. CHLOR: 0,038 %; auf Chlornatrium berechnet 0,062 %.: Einer abgemessenen Wassermenge wurde etwas Kaliumchromat bis zur Gelbfärbung zugesetzt,

dann wurde mit $^1/_{10}$ Normalsilberlösung titriert. Es fallen weisses Silberchlorid und rotes Silberchromat aus. Letzteres wird, solange noch Chlorid in Lösung ist, sogleich wieder in Silberchlorid umgewandelt, und erst, nachdem alles Chlorid in der Lösung in Silberchlorid umgesetzt ist, wird das entstehende Silberchromat nicht mehr zersetzt, und der Niederschlag der Mischung bleibt rot.

3. FREIE KOHLENSAEURE: 0,4 %; als Gas berechnet 500 ccm auf 1000 ccm Wasser.: Man leitet zu dieser Bestimmung die aus dem Wasser frei werdende, über Schwefelsäure getrocknete Kohlensäure in einen vorher gewogenen, zu diesem Zwecke konstruierten Kalilauge-Apparat, worin sämtliche Kohlensäure absorbiert wird. Darauf wird der Kalilaugeapparat wieder gewogen, die Gewichtsdifferenz gibt das Gewicht der Kohlensäure an.

Es ist natürlich nicht möglich, ohne besondere Apparate und Vorsichtsmassregeln die ganze Menge der Kohlensäure, die in dem abgeschlossenen Inhalt der Flasche enthalten ist, zu bestimmen. Dies war auch nicht meine Absicht, ich wollte vielmehr ungefähr ermitteln, wieviel Kohlensäuree beim Trinken von $^1/_2$ Liter Wasser in meinen Magen gelangte und habe zu diesem Zwecke versucht, den Gehalt an freier Kohlensäure zu bestimmen, der nach dem Ausgiessen aus der Selterswasserflasche in das Trinkglas, resp. in den Apparat noch auszutreiben war.

4. DIE GEBUNDENE KOHLENSAEURE: betrug 0,11 % : Zur Bestimmung verdampft man eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Wassers und macht aus dem Rückstand die gebundene Kohlensäure durch Zugiessen von Schwefelsäure in einem geschlossenen Gefäss frei; die freie Kohlensäure wird nunmehr ebenso wie

vorher mit Hülfe des Kalilaugeapparates absorbiert und bestimmt.

An sonstigen Bestandteilen wurde noch Natrium durch die Flammenreaktion und Calcium als oxalsaurer Kalk nachgewiesen.

Die Analyse des Erlanger Leitungswassers ergab 0,014 % feste Bestandteile, Spuren von Calcium und etwas Chlor. — Die Temperatur des Wassers betrug in allen Versuchen beim Trinken circa 10 Grad Celsius.

Das von mir gebrauchte kohlensaure Wasser enthielt also bedeutend mehr feste Bestandteile — Chloride, Carbonate — als das gewöhnliche Trinkwasser. Wie ich auf Erkundigungen in der Selterswasserfabrik erfuhr, wird das künstliche kohlensaure Wasser durch Imprimieren von flüssiger Kohlensäure in gewöhnliches Leitungswasser unter Zusatz von etwas Kochsalz und Soda hergestellt. Mit Hülfe dieses Wassers hatte ich eine Versuchsreihe mit Probefrühstück und zwei Serien mit Probemahlzeit angestellt: Ist der Gehalt dieses Wassers auch gering an Salzen, so war es doch möglich, dass dieselben einen Einfluss auf die Verdauungsvorgänge, abgesehen von der Kohlensäure ausübten. Um diesen Einfluss auszuschalten, habe ich noch eine 3. Serie mit Probemahlzeit angestellt, bei der künstliches kohlensaures Wasser, das durch Imprimieren von flüssiger Kohlensäure in destilliertes Wasser hergestellt wurde, verwendet wurde.

Das Resultat meiner Untersuchungen gebe ich in den nachstehenden Protokollen wieder. — Das zahlenmässige Material der Versuche ist in Form von Curven gebracht.

Die Versuche zerfallen in zwei Teile. Der erste Teil umfasst die Verdauung der Amylaceen, der zweite Teil die Fleischverdauung. Die Amylaceenversuche wurden in der Weise angestellt, dass früh nüchtern etwa

gegen 9 Uhr zu einer Semmel einmal $^1/_2$ Liter Brunnenwasser, das andere Mal $^1/_2$ Liter kohlensaures Wasser getrunken wurde. (Dauer der Mahlzeit etwa 8—10 Min.) Bei den Fleischversuchen wurde zu je 250 gr Beefsteak in täglichem Wechsel $^1/_2$ Liter Brunnenwasser und $^1/_2$ Liter kohlensaures Wasser getrunken. (Dauer der Mahlzeit 20—25 Min.) Jedem Brunnenwasserversuch entspricht somit ein in gleicher Weise ausgeführter Versuch mit kohlensauerem Wasser.

Sämtliche Fleischspeisen wurden in der Küche des pharmakologischen Instituts ohne Zutun von Gewürz in stets gleicher Weise bereitet.

Die Zeiten sind vom Beginn der Nahrungsaufnahme an gerechnet.

Die Versuche wurden nun im einzelnen derart durchgeführt, dass täglich nach einer bestimmten Zeit ($^1/_2$ bis $^3/_4$—1 ect. Stunde) nur eine Expression des gesamten oder doch grössten Teils des Mageninhaltes vorgenommen wurde. Die Untersuchung desselben erstreckte sich nach drei Richtungen: 1. Makroskopische, 2. Mikroskopische Besichtigung, 3. Chemische Prüfung. Zunächst wurde das qualitative Verhalten des Mageninhalts unter dem Einfluss von Brunnen- resp. kohlensauerem Wasser festgestellt, dann die Gesammtacidität und der Gesamt-Salzsäure-Gehalt quantitativ bestimmt.

Mehrmalige Expressionen im Verlaufe eines einzelnen Verdauungsversuchs konnten deshalb nicht gemacht werden, weil für die quantitative Salzsäure-Bestimmung mindestens 20 ccm filtrierten Magensaftes (für zwei Parallel-Bestimmungen) notwendig sind, und es natürlich unmöglich ist, derartige Mengen mehrmals zu entnehmen. Dadurch würde die Entleerung des Magens ausserordent-

lich beschleunigt, und auch wohl die secretorische Funktion desselben geändert.

Die makroskopische Besichtigung des Mageninhalts zeigte im Verlauf der Verdauung Veränderungen seiner Consistenz und Farbe. Bei den Semmelversuchen war die Expressionsmasse zu Beginn der Verdauung von breiiger Consistenz, gegen das Ende hin flüssig. Die Farbe war anfangs graugelb, später heller. Das Aussehen des genossenen Fleisches war zu verschiedenen Zeiten verschieden. Nach den ersten Expressionen bis zu etwa $1^1/_2$ Stunden waren grössere und kleinere Fleischstückchen vorhanden. Darnach wurde die Consistenz der Expressionsmasse breiig, gegen Schluss der Verdauung flüssig. Die Farbe war anfänglich braunrot, später rot, gegen Schluss rosa. Die Menge des Mageninhaltes nahm mit fortschreitender Verdauung ziemlich gleichmässig ab; in den letzten Stadien konnten daher die quantitativen Bestimmungen wegen zu geringen Materials nicht mehr ausgeführt werden. Die Hauptmenge der genommenen Flüssigkeiten schien nach circa $1^1/_2$ Stunden den Magen verlassen zu haben.

Was die mikroskopische Untersuchung angeht, so hatte sie die Aufgabe, das Vorhandensein resp. das Fehlen von Stärkekörnern bezw. Muskelfasern festzustellen zwecks einer exakten Bestimmung des Verdauungsendes. Kleinere Mengen Magensaftes wurden gegen Schluss der Verdauung so lange wieder eingeführt, bis Stärkekörner resp. Muskelfasern verschwanden. So wurde das Ende der Verdauung auf $^1/_4$ Stunden genau ermittelt.

Zum Zwecke der chemischen Untersuchung des Mageninhaltes wurde derselbe zuerst filtriert. Es empfahl sich dabei, nicht eher Proben abzunehmen, als bis die Filtration vollständig beendet war; das zuletzt Filtrierende ergab nämlich oft stärkere Reaktionen. Untersucht

wurde qualitativ auf freie Säure, Salzsäure, Milchsäure, Eiweiss, Pepton, Zucker; quantitativ auf den Gesamt-Salzsäure-Gehalt; endlich wurde die Gesamt-Acidität bestimmt.

Freie Säure wurde durch Reagenzpapier nachgewiesen; blaues Lackmuspapier zeigte stets mehr oder weniger intensiv rote Färbung. Congorotpapier reagierte beim Auftreten von Salzsäure durch blauschwarz bis tiefschwarze Färbung.

Der qualititative Nachweis der freien Salzsäure geschah durch das Günzburg'sche Reagenz: Einige Tropfen einer Auflösung von 2 g Phloroglucin, 1 g Vanillin und 30 g Spiritus werden mit ebensoviel Tropfen Magensaft in einem Porzellanschälchen vorsichtig, ohne dass der Siedepunkt erreicht wird, über schwacher Flamme verdampft. Man erhält noch bei 0,01 % Salzsäure einen schön roten Saum.

Der Nachweis der Milchsäure wurde durch die Eisenchlorid-Carbolsäureprobe geführt: Eine Mischung von 1 Tropfen Eisenchlorid, 10 ccm. 4 %iger Carbolsäure, 20 ccm. Wasser hat, frisch hergestellt, amethystblaue Farbe, die zeisiggelb wird, wenn Milchsäure hinzukommt. Nach Boas ist die Reaktion nur dann positiv zu nennen, wenn die amethystblaue Farbe des Reagens intensiv gelb wird. Bei den vorliegenden Versuchen ist die Stärke der Reaktion jedesmal angegeben. Eine bestimmte Gesetzmässigkeit über das Auftreten resp. Verschwinden der Milchsäure lässt sich wegen der Unzulässigkeit der Probe nicht feststellen.

Zum Nachweis des Eiweisses diente die bekannte Essigsäure-Ferrocyankaliprobe.

Pepton wurde durch die Biuret-Reaktion nachgewiesen: Zu dem filtrierten Magensaft setzt man reichlich Natronlauge und tropfenweise verdünntes Kupfer-

sulfat; es entsteht bei Anwesenheit von Pepton eine purpur- bis blaurote Färbung.

Die Probe auf Zucker wurde nach dem Trommer'schen Verfahren (Natronlauge und Kupfersulfat) angestellt.

Der Grad der vorhergenannten Reaktionen ist angegeben durch die Bezeichnungen: „negativ", „Spur", „schwach", „deutlich", „stark", „sehr stark". „=" bedeutet: der vorherigen Reaktion gleich.

Die quantitative Bestimmung der Gesamt-Salzsäure, auf die das Hauptgewicht gelegt wurde, geschah nach der Methode von Sjöqvist. [1]) Es ist dies eine ziemlich umständliche Methode, die sehr viel Zeit erfordert und eine peinliche Ausführung aller chemisch-technischen Manipulationen voraussetzt, wenn die Resultate genau werden sollen. Das Verfahren ist folgendes: Man misst 10 ccm des zu untersuchenden Magensaftes mit der Pipette ab und bringt sie in ein Abdampfschälchen, dazu etwa 1 g chemisch reinen Baryumkarbonats. Die Mischung wird auf dem Wasserbade erhitzt, mit einem dünnen Glasstäbchen sorgfältigst durchgerührt, dieses abgespritzt die Mischung bis zur Trockene verdampft. Sie besteht nunmehr aus Chlorbaryum, überschüssigem Baryumkarbonat und organischer Substanz. Man erhitzt auf freier Flamme und glüht, bis die Kohle zum grössten Teil verascht ist, ohne schwache Rotglut zu überschreiten. Es verkohlt die organische Substanz, das Chlorbaryum bleibt unverändert. Nach dem Erkalten des Schälchens zieht man den Rückstand mit kochend heissem, destilliertem Wasser aus und filtriert durch ein kleines Filter: es geht nur Chlorbaryum hindurch, während der unlösliche, kohlensaure Baryt zurückbleibt. Man wäscht so lange das Schälchen nach und filtriert durch das vorher gebrauchte Filter, bis man annehmen kann, dass

[1]) E. Salkowski: Practicum der physiol. u. pathol. Chemie

das Chlorbaryum aus dem Filter vollständig herausgewaschen ist. Dies lässt sich erreichen, ohne dass das Filtrat plus Waschwasser mehr als 50—60 ccm beträgt. Jedenfalls fängt man das letzte Waschwasser, welches man nicht mehr zu benutzen gedenkt, auf und prüft mit Silbernitrat und Salpetersäure, ob etwa noch Chlorbaryum darin enthalten ist. Filtrat und Waschwasser enthalten sämtliche Salzsäure des Mageninhaltes, gebunden an Baryum. Der Baryumgehalt ist nun ein direkter Masstab für den Gehalt an Chlorwasserstoff-Säure. Zur Bestimmung des Baryumgehaltes werden Filtrat und Waschwasser etwas angesäuert, in einem Becherglas erhitzt und mit ebenfalls erwärmter, verdünnter Schwefelsäure versetzt, dann schlägt sich Baryumsulfat nieder. Durch ein aschefreies Filter von etwa 9 cm Durchmesser wird dann filtriert, bis der Niederschlag vollständig auf dem Filter ist, und nachdem man dasselbe einmal mit Alkohol, einmal mit Aether begossen hat, und letzterer verdunstet ist, bringt man es samt dem Baryumsulfat in einen vorher gewogenen Platintiegel, erhitzt anfangs gelinde, später stark, bis alle Kohle verbrannt ist und wägt nach dem Erkalten auf der analytischen Wage das zurückgebliebene Baryumsulfat. — 1 Molekül Baryumsulfat entspricht 2 Mol. Salzsäure. $BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HCl$ oder 233 Gew.-Teile $BaSO_4$ entsprechen 73 Gew.-Teilen HCl. Man berechnet nun die HCl folgendermassen: Erhält man z. B. beim Wägen 0,0733 g Baryumsulfat, so ergiebt sich, wenn x den gesuchten HCl-Gehalt bezeichnet: $233 : 73 = 0{,}0733 : x$ oder $x = \frac{73 \cdot 0{,}0733}{233} = 0{,}02297$ in 10 ccm = 0,2297 % HCl.

Diese Bestimmungen muss man, wie auch in dieser Arbeit geschehen ist, der Kontrolle wegen doppelt ausführen.

Es seien hier noch einige kritische Worte über das Verfahren gesagt. Es ist selbstverständlich, dass es für den Praktiker keine Bedeutung hat, da es zu kompliziert ist und nur im Laboratorium bequem ausgeführt werden kann. Es hat aber auch einen Fehler, der bei den Fällen in Betracht kommt, wo es sich um Bestimmung kleiner Mengen Salzsäure handelt. Dieser Fehler besteht darin, dass durch die 50 ccm kochenden Wassers, das man zur Extraktion des Baryumchlorids benutzt auch 3,3 mg Baryumkarbonat (im Maximum) in Lösung gebracht werden, da das Baryumkarbonat nicht absolut unlöslich ist. Diese 3,3 mg entsprechen 1,2 mg HCl. Man wird nicht jedesmal 3,3 mg erhalten, aber je sorgfältiger man auswäscht, desto mehr Baryumkarbonat wird in Lösung gehen. Man wird demnach am Schluss der Bestimmung mehr Salzsäure - Gehalt haben, als der Wirklichkeit entspricht. Dieser Fehler ist jedoch nicht so gross, als es scheint. Es ist nämlich erwiesen, dass es unmöglich ist, alle Chloride aus der Asche zu extrahieren, es entsteht so ein Verlust, der den durch die Löslichkeit des Baryumkarbonates bedingten Ueberschuss fast kompensiert. Die bleibende Differenz beträgt bei einem Magensaft, der 1 mg HCl enthält, ungefähr 0,2 mg. Die Methode lässt also bei minimalem HCl-Gehalt im Stich. In letzterer Hinsicht kommt der Fehler bei dieser Arbeit nicht in Betracht, da stets mit Magensaft höheren Salzsäuregehaltes gearbeitet wurde. Im übrigen ist der Fehler gering u. würde ja schliesslich allen Versuchen in gleichem Masse anhaften.

Die Bestimmung der Gesamtacidität geschah durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normalkalilauge mit alkoholischer Phenolphthaleinlösung als Indicator. Auch diese Bestimmungen wurden bei jedem Versuch doppelt ausgeführt.

Ich lasse nunmehr die Versuchsprotokolle folgen, die ich der Uebersichtlichkeit wegen in Tabellenform geordnet wiedergebe.

Tabelle I. **9 Versuche mit je einer Semmel und $^1/_2$ l Brunnenwasser.**

Zeit d. Expression in Stunden	Blau Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milchsäure	Eiweiss	Pepton	Zucker	Mikroskop. Verhalten bez. Stärkekörner	Gesamtacidität	Gesamtsalzsäure
$^1/_2$	rot	blauschwarz	schwach	schwach gelb	schwach	deutlich	stark	+	26,25	0,056 %
$^3/_4$	=	=	=	=	=	=	=	+	48,2	0,114 %
1	=	schwarz	stark	=	=	=	=	+	65,8	0,156 %
$1^1/_4$	=	=	=	=	=	=	=	+	67,5	0,181 %
$1^1/_2$	=	=	Spur	=	deutlich	=	schwach	+	25,0	0,0244 %
2	=	=	=	minimal	Spur	minimal	=	+	Bestimmungen wegen zu wenig Material nicht auszuführen.	
$2^1/_4$	=	negativ	negativ	negativ	=	=	=	Vereinzelt. Ringe zerfallen	O	O
$2^1/_2$	=	=	=	=	=	=	negativ	=	O	O
$2^3/_4$ m. darauffolg. Ausspülung	negativ	=	=	=	negativ	negativ	=	O	O	O

Tabelle II. **6 Versuche mit je einer Semmel und $^1/_2$ l Selterswasser.**

Zeit d. Expression in Stunden	Blau Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milchsäure	Eiweiss	Pepton	Zucker	Mikroskop. Verhalten bez. Stärkekörner	Gesamtacidität	Gesamtsalzsäure
$^1/_2$	rot	schwarz	stark	schwach gelb	deutlich	deutlich	stark	+	56,7	0,12 %
$^3/_4$	=	=	sehr stark	=	=	=	=	+	85,0	0,224 %
1	=	=	stark	=	Spur	=	deutlich	+	49,0	0,0805 %
$1^1/_4$	=	=	deutlich	=	=	=	Spur	+	20,0	0,022 %
$1^1/_2$	=	=	=	negativ	negativ	schwach	negativ	Vereinzelt. Ringe zerfallen	Bestimmungen wegen zu wenig Material nicht mehr auszuführen.	
$1^3/_4$ m. folgend. Ausspülung	negativ	negativ	negativ	=	=	negativ	=	O	O	O

Tabelle III. **I. Versuchsreihe = 10 Versuche mit je 250 g Beefsteak und $^1/_2$ l Brunnenwasser.**

Zeit d. Expression in Stunden	Blau Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milchsäure	Eiweiss	Pepton	Mikroskop. Verhalten bez. Muskelfasern	Gesamtacidität	Gesamt-Salzsäure
$^1/_2$	rot	negativ	negativ	schwach gelb	Spur	negativ	+	18,75	0,031 %
1	=	=	=	gelb	deutlich	deutlich	+	28,75	0,071 %
$1^1/_2$	=	=	=	=	=	=	+	67,5	0,172 %
$1^3/_4$	=	blau-schwarz	deutlich	schwach gelb	=	stark	+	76,67	0,1632 %
2	=	=	=	=	=	=	+	91,25	0,158 %
$2^1/_4$	=	schwarz	stark	=	=	=	+	10,50	0,23 %
$2^1/_2$	=	=	deutlich	=	=	deutlich	+	93,33	0,21%
$2^3/_4$	=	=	=	=	=	=	+	75,0	0,138 %
$3^1/_4$	=	=	schwach	schwach	schwach	schwach	+	Bestimmungen wegen zu wenig Material nicht auszuführen.	
$3^1/_2$ m. nachfolg. Ausspülung	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	—	○	○

Tabelle IV. **I. Versuchsreihe = 9 Versuche mit je 250 g Beefsteak und $^1/_2$ l Selters-Wasser.**

Zeit d. Expression in Stunden	Blau-Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milch-Säure	Eiweiss	Pepton	Mikroskop. Verhalten bez. Muskelfasern	Gesamtacidität	Gesamtsalzsäure
$^1/_2$	rot	negativ	negativ	gelb	deutlich	deutlich	+	18,18	0,028 %
1	=	=	=	=	=	=	+	27,5	0,067 %
$1^1/_2$	=	blau-schwarz	deutlich	=	=	stark	+	116,25	0,254 %
$1^3/_4$	=	schwarz	stark	=	=	=	+	82,5	0,17 %
2	=	=	sehr stark	=	=	=	+	110,0	0,20 %
$2^1/_4$	=	=	=	=	schwach	deutlich	+	71,67	0,134 %
$2^1/_2$	=	=	deutlich	=	deutliche Trübung	=	+	95,0	0,202 %
$2^3/_4$	=	=	=	schwach gelb	=	=	+	62,0	0,119 %
3 bei sofortig. Ausspülung	negativ	negativ	negativ	negativ	nagativ	negativ	–	O	O

Tabelle V. **II. Versuchsreihe = 10 Versuche mit je 250 g Beefsteak und $^1/_2$ l Brunnenwasser.**

Zeit d. Expression in Stunden	Blau Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milchsäure	Eiweiss	Pepton	Mikroskop. Verhalten bez. Muskelfasern	Gesamtacidität	Gesamtsalzsäure
$^1/_2$	rot	negativ	negativ	schwach gelb	negativ	negativ	+	20,0	0,016 %
1	=	blauschwarz	=	=	schwache Trübung	deutlich	+	52,5	0,0607 %
$1^1/_4$	=	=	=!	=	=	=	+	55,0	0,06512 %
$1^1/_2$	=	=	sehr schwach	=	deutlich	=	+	117,5	0,14 %
$1^3/_4$	=	schwarz	deutlich	gelb	=	=	+	137,5	0,271 %
2	=	=	=	=	=	=	+	147,5	0,238 %
$2^1/_4$	=	=	stark	negativ	Spuren	=	+	90,0	0,183 %
$2^1/_2$	=	=	=	=	=	=	+	55,0	0,10 %
$2^3/_4$	=	=	=	=	negativ	minimal	+	Bestimmungen wegen zu wenig Material nicht auszuführen.	
3 m. nachfolg. Ausspülung	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	—	O	O

Tabelle VI. **II. Versuchsreihe = 9 Versuche mit je 250 g Beefsteak und $^1/_2$ l Selterswasser.**

Zeit d. Expression in Stunden	Blau-Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milchsäure	Eiweiss	Pepton	Mikroskop. Verhalten bez. Muskelfasern	Gesamtacidität	Gesamtsalzsäure
$^1/_2$	rot	negativ	negativ	schwach gelb	Trübung	schwach	+	38,33	0,02 %
1	=	blau-schwarz	=	=	deutliche Trübung	deutlich	+	72,5	0,078 %
$1^1/_4$	=	schwarz	deutlich!	=	deutlich	stark	+	97,5	0,116 %
$1^1/_2$	=	=	sehr stark	gelb	=	=	+	160,0	0,2297 %
$1^3/_4$	=	=	=	=	sehr stark	sehr stark	+	205,0	0,337 %
2	=	=	stark	=	deutlich	deutlich	+	108,75	0,172 %
$2^1/_4$	=	=	Spur	negativ	negativ	undeutlich	+	53,0	0 118 %
$2^1/_2$	=	=	=	=	=	negativ	+	Bestimmungen wegen zu wenig Material nicht mehr auszuführen.	
$2^3/_4$ m. nachfolg. Ausspülung.	negativ	negativ	negativ	=	=	=	−	O	O

Tabelle VII. **III. Versuchsreihe = 8 Versuche mit je 250 g Beefsteak und $^1/_2$ l Selterswasser**
(hergestellt ohne Zusatz von Kochsalz und Soda).

Zeit d. Expression in Stunden	Blau Lackmus	Congorot	Salzsäure	Milchsäure	Eiweiss	Pepton	Mikroskop. Verfahren bez. Muskelfasern	Gesamtacidität	Gesamtsalzsäure
$^1/_2$	rot	negativ	negativ	schwach gelb	deutliche Trübung	schwach	+	38,33	0,02 %
1	=	blauschwarz	=	gelb	deutlich	stark	+	71,25	0,92 %
$1^1/_4$	=	schwarz	deutlich!	=	=	=	+	111,25	0,195 %
$1^3/_4$	=	=	sehr stark	=	sehr stark	sehr stark	+	191,25	0,33 %
2	=	=	stark	=	deutlich	stark	+	101,0	0,15 %
$2^1/_4$	=	=	=	=	=	deutlich	+	44,5	0,1 %
$2^1/_2$	=	=	Spur	negativ	negativ	fraglich	+	Bestimmungen wegen zu wenig Material nicht auszuführen.	
$2^3/_4$ m. darauffolg. Ausspülung.	negativ	negativ	negativ	=	=	negativ	O	O	O

Aus den mitgeteilten Versuchen ergeben sich folgende Resultate:

Das kohlensäurehaltige Wasser bewirkte:

1. Zeitigeres Auftreten der freien Salzsäure im Magen.
2. Zunahme der Gesamtacidität und der Gesamtsalzsäure.
3. Abkürzung der Verdauungszeit.

ad 1) Schon der qualitative Nachweis mit der Phloroglucin-Vanillinprobe deutete an, dass die Salzsäure unter der Wirkung der Kohlensäure früher auftritt. Bei den Amylaceen-Versuchen mit kohlensaurem Wasser war freie Salzsäure schon nach $^1/_2$ Stunde stark vorhanden, bei den analogen Versuchen mit Brunnenwasser war die Reaktion auf freie Salzsäure nach $^1/_2$ Stunden nur ganz schwach. Bei den Fleischversuchen mit Brunnenwasser war die Günzburg'sche Reaktion nach $1^1/_4$ Stunde noch negativ, nach $1^3/_4$ Stunden erst positiv. Bei den entsprechenden Kohlensäure-Versuchen dagegen konnte freie Salzsäure nach $1^1/_4$ Stunden schon deutlich nachgewiesen werden.

ad 2) Die Steigerung der Salzsäure-Secretion ist am besten aus den quantitativen Versuchen zu ersehen. Die Maxima betrugen bei den Semmelversuchen mit Brunnenwasser:

0,181 % Salzsäure, und
67,5 Gesamtacidität,

bei den Kohlensäure-Versuchen dagegen:

0,224 % Salzsäure, und
85,0 Gesamtacidität.

Die Fleischversuche ergaben als Maxima:

0,23 %
0,27 % } Salzsäure, und

105,0
137,0 } Gesamtacidität.

Die entsprechenden Kohlensäureversuche:

0,254 %
0,337 % } Salzsäure, und
0,300 %

116,25
205,00 } Gesamtacidität.
191,25

ad. 3) Die Aufenthaltsdauer der Speisen im Magen wurde auch in Parallelversuchen zu ermitteln versucht. Stets wurde der Magen früher leer gefunden, wenn kohlensaures Wasser, als wenn Brunnenwasser in gleichen Mengen zu den Speisen genommen worden war. Am deutlichsten trat dies hervor bei der Amylaceennahrung.

Die gefundenen Zahlen sind folgende:

Eine Semmel mit Brunnenwasser wurde verdaut im Durchschnitt in 2 Stunden 30 Min.,

Eine Semmel mit kohlensaurem Wasser jedesmal in $1^3/_4$ Stunden.

Die Verdauung von 250 g Fleisch mit $^1/_2$ Liter Brunnenwasser war anfangs nach $3^1/_2$ Stdn., später nach 3 Stunden,

Die von 250 g Fleisch mit kohlensaurem Wasser anfangs nach 3 Stunden, später nach $2^3/_4$ Stunden beendet.

Eine therapeutische Nutzanwendung aus den bei der Arbeit gefundenen Resultaten für die Anwendung der Kohlensäure bei Kranken lässt sich natürlich nicht ohne weiteres ableiten.

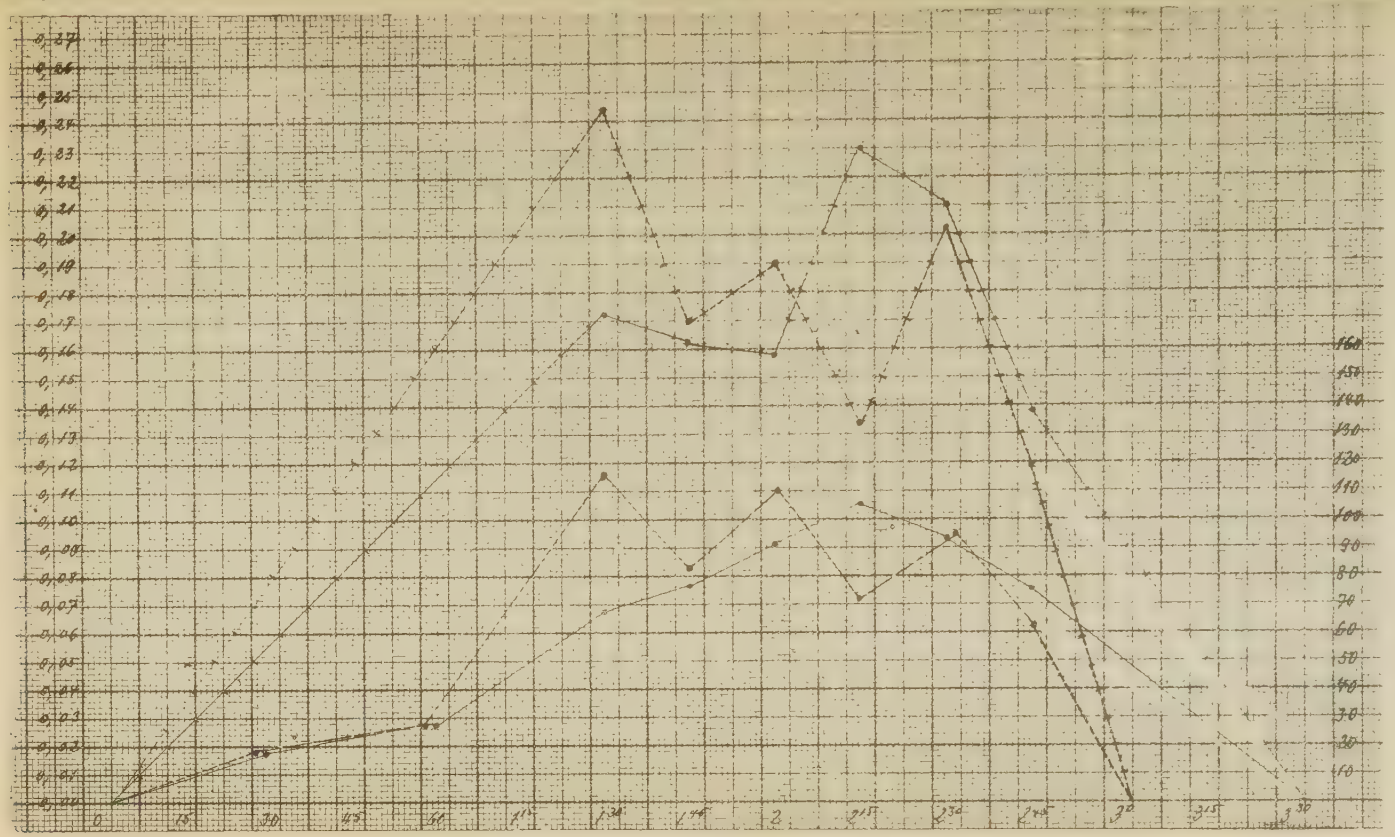
Wohl aber dürfte unzweifelhaft der experimentelle Beweis für die Berechtigung der Beliebtheit erbracht sein, deren sich die kohlensauren Mineralwässer im Allgemeinen erfreuen; und gegen ihre ausgedehntere

Anwendung in der Behandlung von Magenkrankheiten dürfte wohl nichts einzuwenden sein.

Freilich ist bei geschwürigen Prozessen im Magen davon abzusehen, weil die durch das Gas erzeugte Aufblähung des Magens dabei gefährlich werden kann.

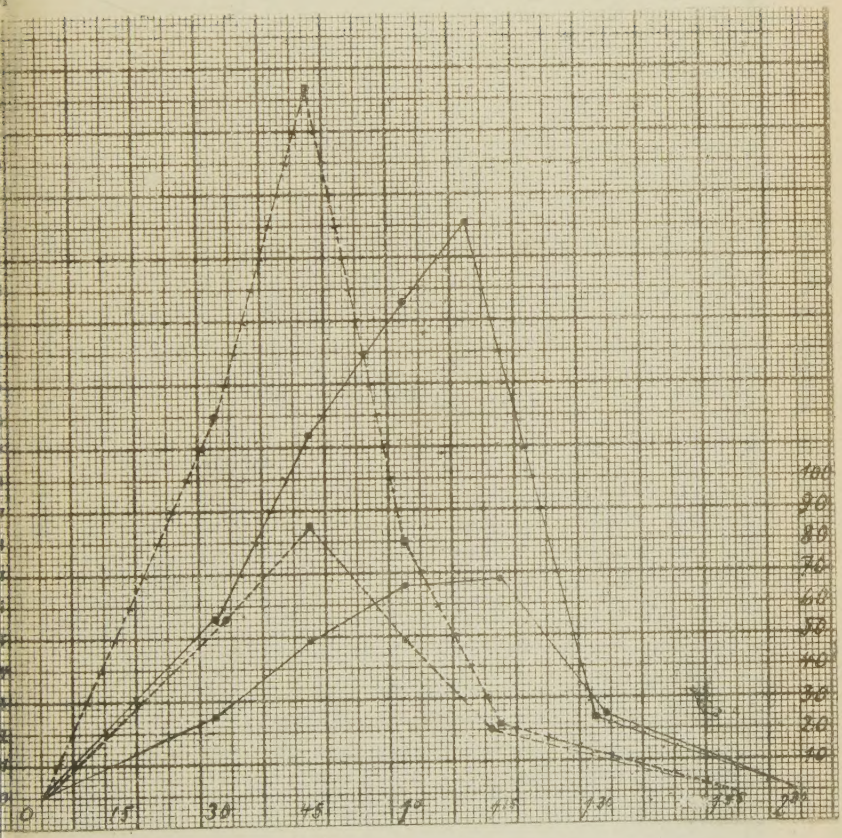
Entschieden aber wären bei Säuremangel und Atonie leichteren Grades in Rücksicht auf die Steigerung der Säuresecretion und die Beschleunigung der Magenentleerung Versuche mit nicht zu grossen Mengen kohlensauren Wassers bei oder nach dem Essen zu empfehlen.

Es bleibt mir noch die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. PENZOLDT für die Ueberlassung der Arbeit, sowie Herrn Privatdozenten Dr. HEINZ für seine freundlichen Ratschläge meinen verbindlichsten Dank zum Ausdruck zu bringen.



Curve II zu Tabelle 3 und 4.

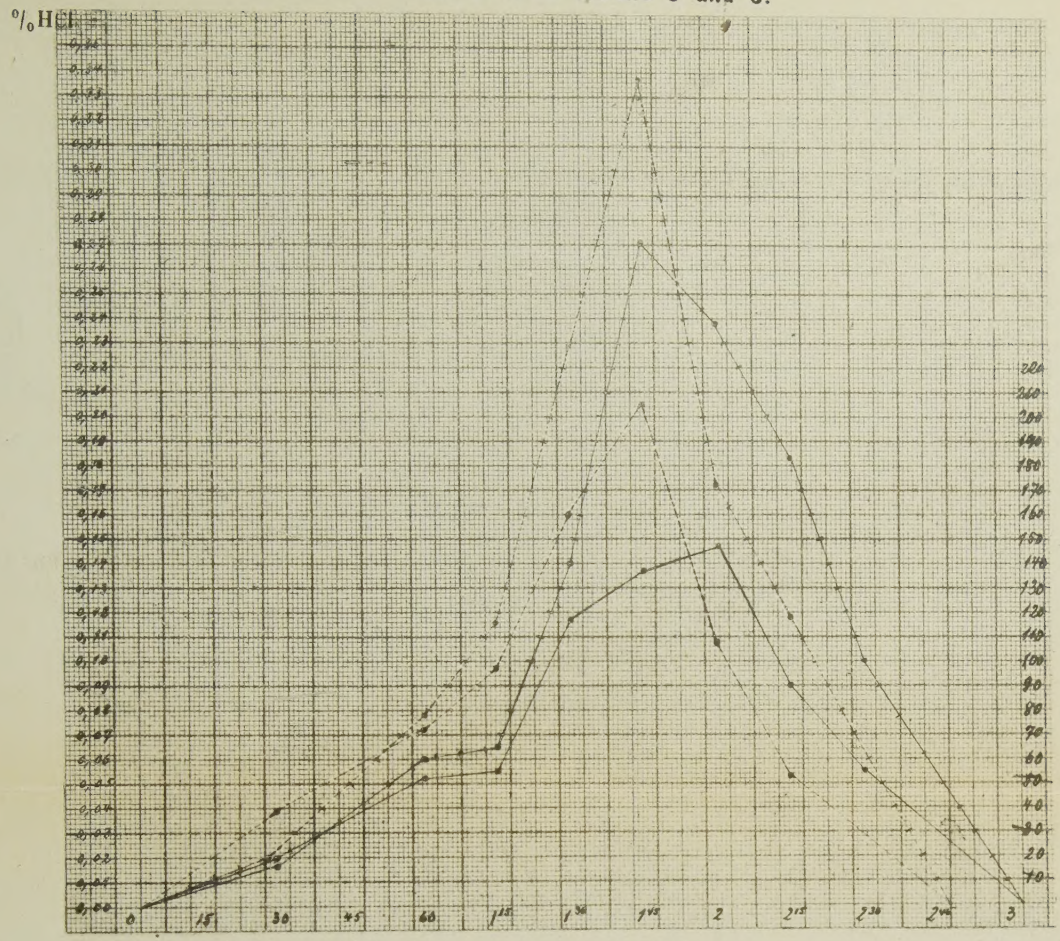
Die getüpfelten Linien stellen die Versuche mit CO_2—Wasser dar, die ununterbrochenen schwarzen diejenigen mit Brunnenwasser. Die gestrichelten Linien zeigen die % HCl an, die glatten die Gesamtacidität.

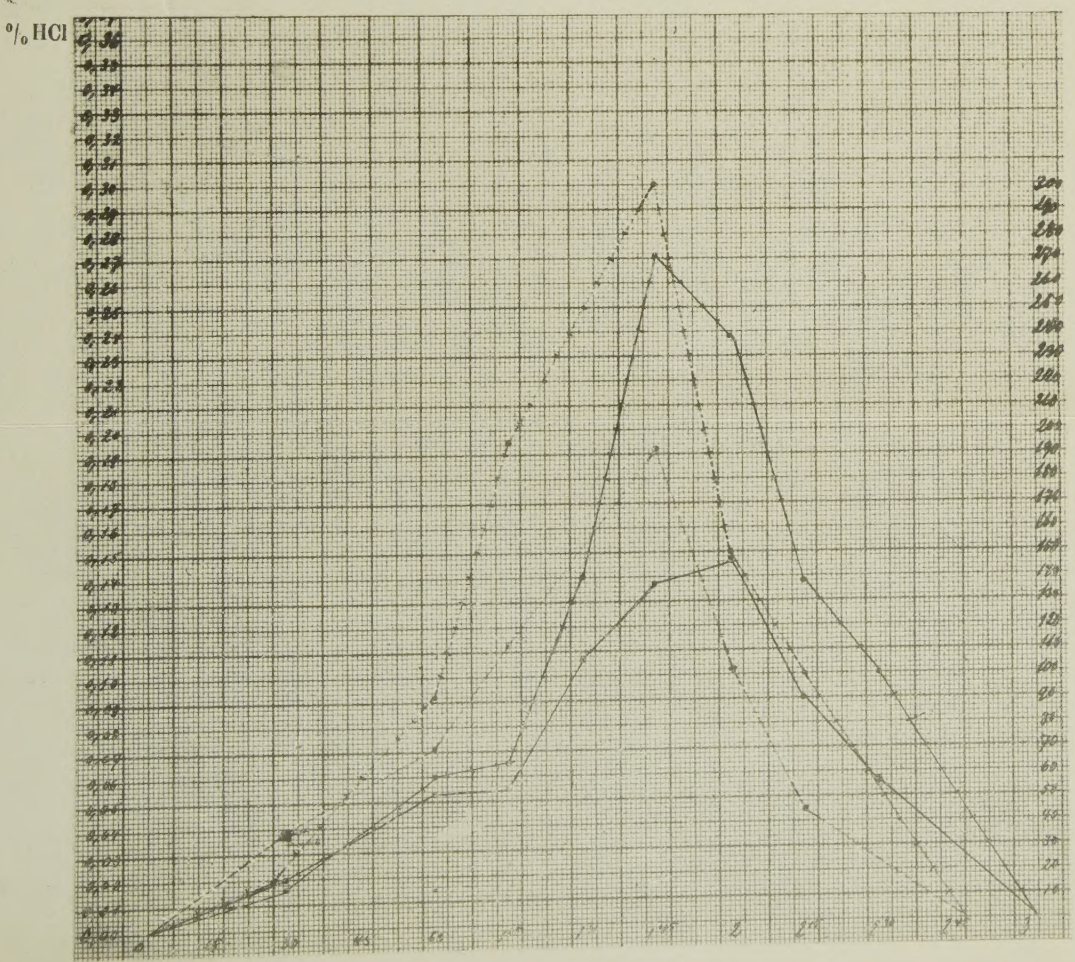


Curve I zu Tabelle 1 und 2.

Die getüpfelten Linien stellen die Versuche mit CO_2—Wasser dar, die ununterbrochenen schwarzen diejenigen mit Brunnenwasser.
Die gestrichelten Linien zeigen die $^0/_0$HCl an, die glatten die Gesamtacidität.

Curve III zu Tabelle 5 und 6.





Curve IV zu Tabelle 5 und 7.

Die getüpfelten Linien stellen die Versuche mit CO_2—Wasser dar, die ununterbrochenen schwarzen diejenigen mit Brunnenwasser.

Die gestrichelten Linien zeigen die %HCl an, die glatten die Gesamtacidität.